

*д.т.н. Клишин Н.К.,
к.т.н. Склепович К.З.,
к.т.н. Касьян С.И.,
Пронь П.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ПРОГНОЗ ПУЧЕНИЯ ПОЧВЫ В ПРИМЫКАЮЩИХ К ЛАВАМ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Наведено емпіричні залежності для розрахунку величини підняття підошви на окремих ділянках виробки та при трьох способах охорони прилеглих до лав виробок.

Ключові слова: *підняття підошви, способи охорони виробок.*

Приведены эмпирические зависимости для расчета величины пучения почвы на отдельных участках выработки и при трех способах охраны примыкающих к лавам выработок.

Ключевые слова: *пучение почвы, способы охраны выработок.*

С ростом глубины разработки угольных пластов в Донбассе увеличивается смещение пород в выработки, ухудшается их состояние. Затраты на ликвидацию последствий пучения почвы в подготовительных выработках составляют 70% суммарных затрат на добычу угля [1]. Для их снижения необходимо применять рациональные способы охраны выработок, способы, технологии уменьшения пучения пород, выбор и разработка которых основаны на закономерностях и прогнозе величин пучения. Пучение зависит от большого числа горно-геологических и горнотехнических факторов. Вероятностно-статистические методы прогноза разработаны с применением формулы Бейеса, наиболее подходящей для обработки и обобщения большого числа данных, полученных при замерах смещений в выработках [2] или горно-геологических условий отработки угольных пластов [3]. Особенности анализируемых методов [2,3]: пригодны для капитальных, основных выработок; не учитывают сложный характер пучения почвы в зонах влияния очистной выработки; статистические данные об условиях отработки пластов и проявлениях горного давления [4] существенно изменились. Необходимо разработать метод прогноза пучения почвы в подготовительных выработках на новой основе.

Цель работы – разработать метод прогноза пучения почвы в примыкающих к лавам подготовительных выработках.

Сущность предлагаемого метода прогноза следующая. Основой являются условия отработки угольных пластов Донбасса, намеченных к отработке в 21 столетии, и приведенные в «Кадастре...[5]», по которым рассчитаны степени пучения почвы отдельно для капитальных, основных выработок и для примыкающих к лавам выработок.

Смещение пород в выработки рассчитаны согласно «Указаниям...» ВНИМИ [6] только для выработок, примыкающим к лавам. Исследована зависимость пучения почвы от горно-геологических факторов.

В работе [5] приведены данные о горно-геологических условиях 253 шахтопластов на 107 шахтах Донбасса, разрабатывающих пологие и наклонные пласты, по состоянию на 2001 год, а в работе [4], соответственно, 432 шахтопласта на 232 шахтах по состоянию на 1980 год.

За 20 лет существенно изменились условия отработки пластов. Относительное распределение шахтопластов по глубине разработки приведено на рисунке 1, согласно которому количество шахтопластов, отработываемых на глубине более 600 м уменьшилось с 47 до 41 %, а на глубине 900 м и более увеличилось с 10% до 29%.

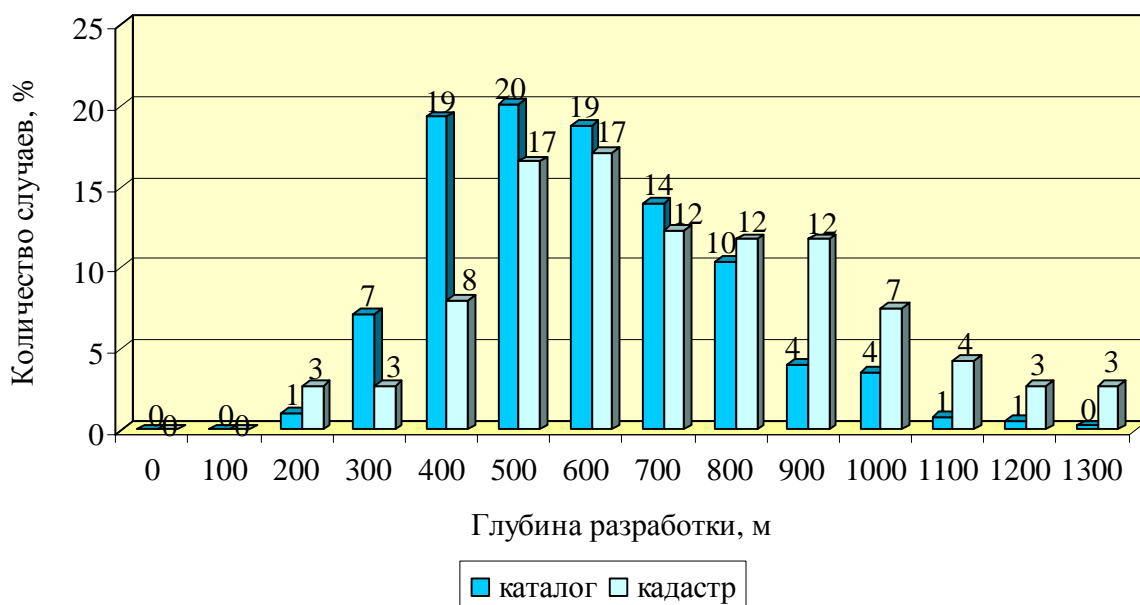


Рисунок 1 – Распределение шахтопластов по глубине

В работе [5] глубина не приведена. Для 200 шахтопластов она взята по результатам исследования условий лав Донбасса, выполненных

ДонГТУ при выполнении госбюджетных тем, связанных с нарушением кровель пластов в 2001 году.

Изменения количества и условий обрабатываемых шахтопластов обусловили изменения основного показателя пучения почвы – степени пучения, который определяется по формуле для выработок:

одиноким

$$K = \frac{H}{\sigma_n}, \text{ м} \cdot \text{МПа}^{-1}, \quad (1)$$

где H – глубина разработки, м;

σ_n - расчетная прочность почвы, МПа;

примыкающих к лавам

$$K = K_d \frac{H}{\sigma_n}, \text{ м} \cdot \text{МПа}^{-1}, \quad (2)$$

где K_d – коэффициент, учитывающий тип обрушаемости кровли; $K_d = 2$ для легкообрушающейся; $K_d = 2,5$ для среднеобрушающейся; $K_d = 3$ для труднообрушающейся кровли.

На рисунке 2 приведено распределение шахтопластов по степени пучения почвы. Количество обрабатываемых пластов с малопучающими, пучающими и сильнопучающими почвами увеличилось на 11% по сравнению с 1980 годом.

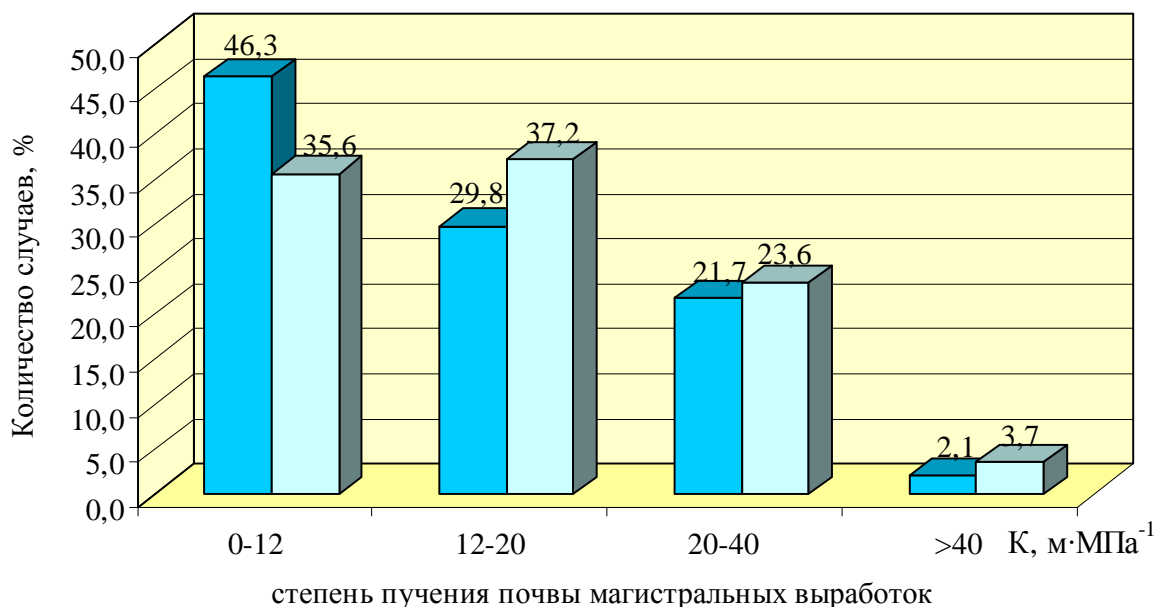


Рисунок 2 – Распределение шахтопластов по степени пучения почв

В дальнейшем все исследования проведены на основании данных работы [4]. На рисунке 3 приведены диаграммы распределения степени пучения для основных и примыкающих к лавам выработок. Отличия существенные: к непучащим отнесено 4% почв, а к пучащим и сильнопучащим – 79% в примыкающих к лаве выработках, вместо 28% для выработок, не испытывающих влияние очистных выработок.

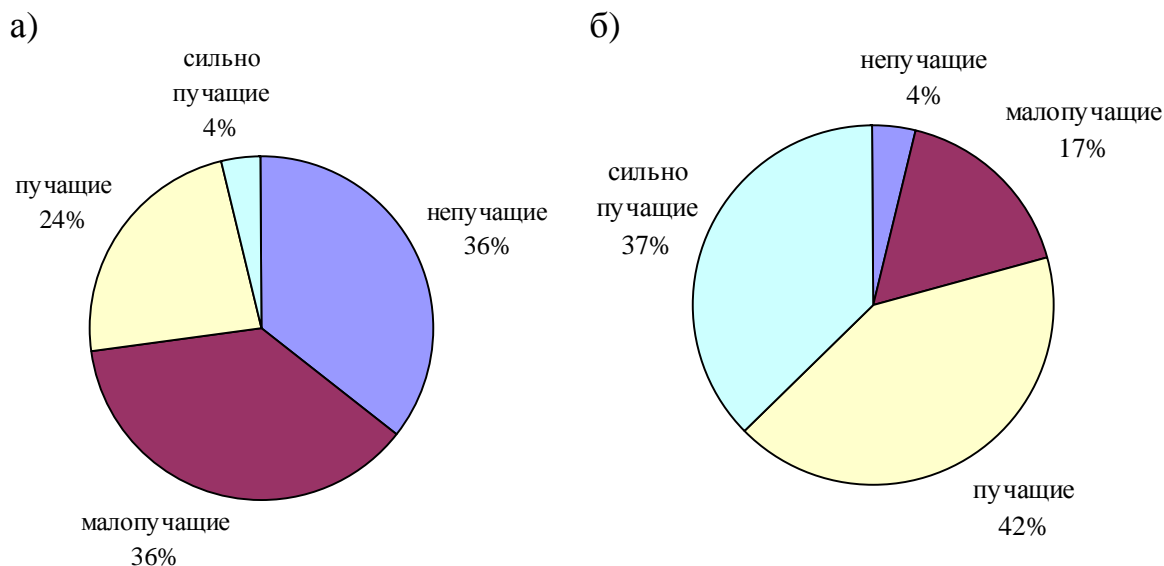


Рисунок 3 – Диаграмма распределения степени пучения для выработок:
а) основных; б) примыкающих к лавам

Смещение пород в 200 выработках рассчитано согласно работе [6] на ЭВМ по программе, разработанной на кафедре РМПИ ДонГТУ для отдельных зон: $U_{пр}$ – смещение под влиянием проведения выработки; V_{0t_0} – в выработке как одиночной после периода интенсивного смещения пород; U_1 – смещение под влиянием передней зоны опорного давления; $U_1^{ост}$ – смещения за первой лавой; U_2 – смещение под влиянием передней зоны опорного давления второй лавы.

Схема формирования смещения приведена на рисунке 4.

Отдельно рассчитаны величины пучения почвы для этих же зон и для способов охраны:

- для выработок вне зоны влияния лав, $U_{п.м.}$;
- поддержание выработки в массиве и погашение ее вслед за лавой, $U_{общ1п.}$;
- охраны выработок искусственными ограждениями для повторного использования выработки, $U_{общ2п.}$;
- проведение выработки вприсечку к ранее погашенной выработке, $U_{общ3п.}$

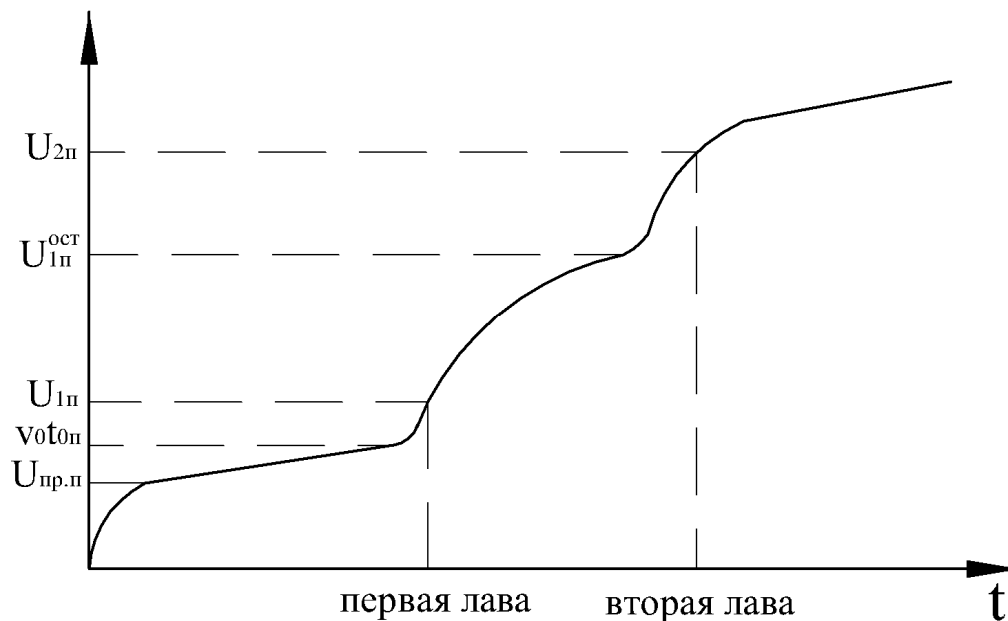


Рисунок 4 – Схема формирования смещения пород в выработку

Проанализировано влияние глубины разработки, мощности пласта, степени пучения почвы на величину пучения пород; исследованы линейная, квадратичная, кубическая и логарифмическая зависимости. С увеличением глубины разработки пучение почвы выработки увеличивается линейно. Так, например,

$$U_{общ1п} = 0,59H, \text{ мм}, \quad (3)$$

$$R^2 = 0,49, F = 185,9, \alpha = 3,3 \cdot 10^{-30},$$

где R^2 – коэффициент детерминации;
 F – критерий Фишера;
 α – значимость F .

Получены также достоверные уравнения влияния мощности пласта на пучение почвы, но с коэффициентом детерминации 0,11.

Например

$$U_{общ1п} = 181,4 + 178,4m, \text{ мм}, \quad (4)$$

$$R^2 = 0,11, F = 23,9, \alpha = 2,1 \cdot 10^{-6}.$$

Наиболее значимый фактор – степень пучения, в котором одновременно учтены глубина разработки, прочность пород, влияние очистной выработки.

На рисунке 5 приведена кривая, характеризующая зависимость пучения почвы под влиянием проведения.

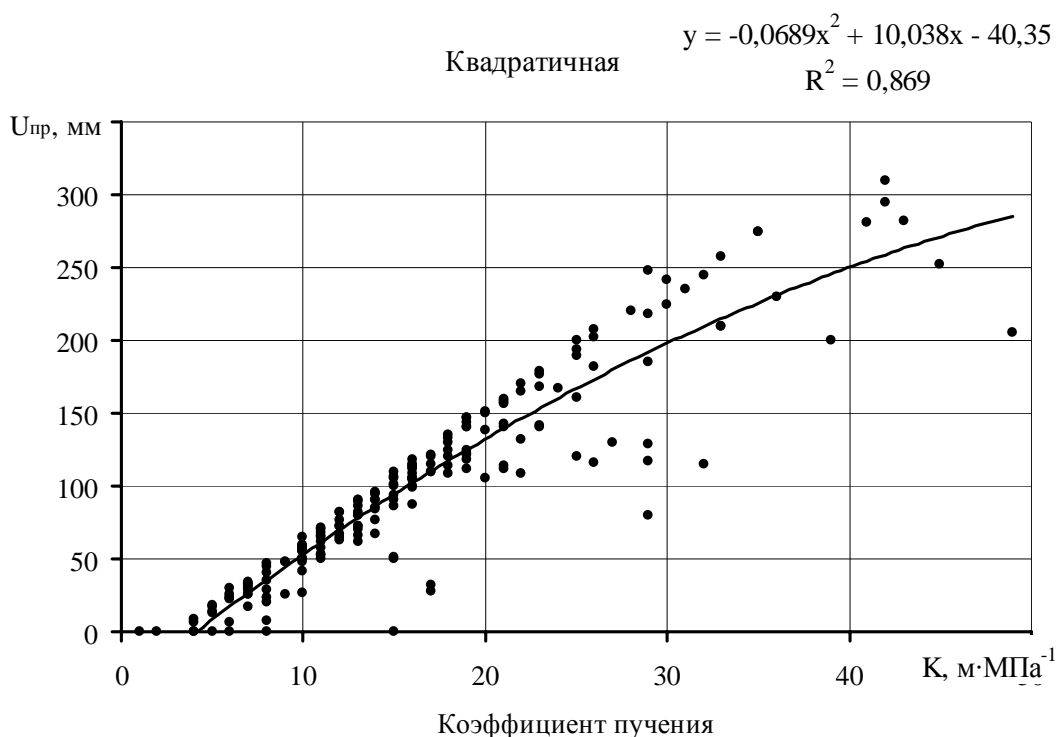


Рисунок 5 – Зависимость пучения от степени пучения под влиянием проведения

Уравнения для определения пучения почвы на отдельных участках приведены ниже.

Пучение почвы под влиянием проведения выработки определяем по формуле

$$U_{\text{пр.п}} = -0,0689K^2 + 10,038K - 40,35, \text{ мм}, \quad (5)$$

$$R^2 = 0,87, F = 657,2, \alpha = 2,2 \cdot 10^{-87},$$

где K – степень пучения почвы.

Пучение почвы в выработке после периода интенсивного смещения

$$V_{0t_0} = -0,0219K^2 + 4,326K - 15,9, \text{ мм}, \quad (6)$$

$$R^2 = 0,8651, F = 625, \alpha = 1,5 \cdot 10^{-85}.$$

Пучение почвы в выработке вне зоны влияния лавы

$$U_{\text{м.п}} = -0,0908K^2 + 14,364K - 56,25, \text{ мм}, \quad (7)$$

$$R^2 = 0,7456, F = 285,8, \alpha = 1,1 \cdot 10^{-58}.$$

Уравнения для определения пучения почвы:

- под влиянием передней зоны опорного давления первой лавы

$$U_{1п} = -0,038K^2 + 8,1K, \text{ мм}, \quad (8)$$

$$R^2 = 0,97, F = 2971,1, \alpha = 8,9 \cdot 10^{-147};$$

- за лавой

$$U_1^{\text{ост}} = -0,056K^2 + 12,5K, \text{ мм}, \quad (9)$$

$$R^2 = 0,97, F = 2970,6, \alpha = 9,1 \cdot 10^{-147};$$

- под влиянием передней зоны опорного давления второй лавы

$$U_{1п} = U_{2п}. \quad (10)$$

На рисунке 6 показаны зависимости пучения почвы на отдельных участках выработки.

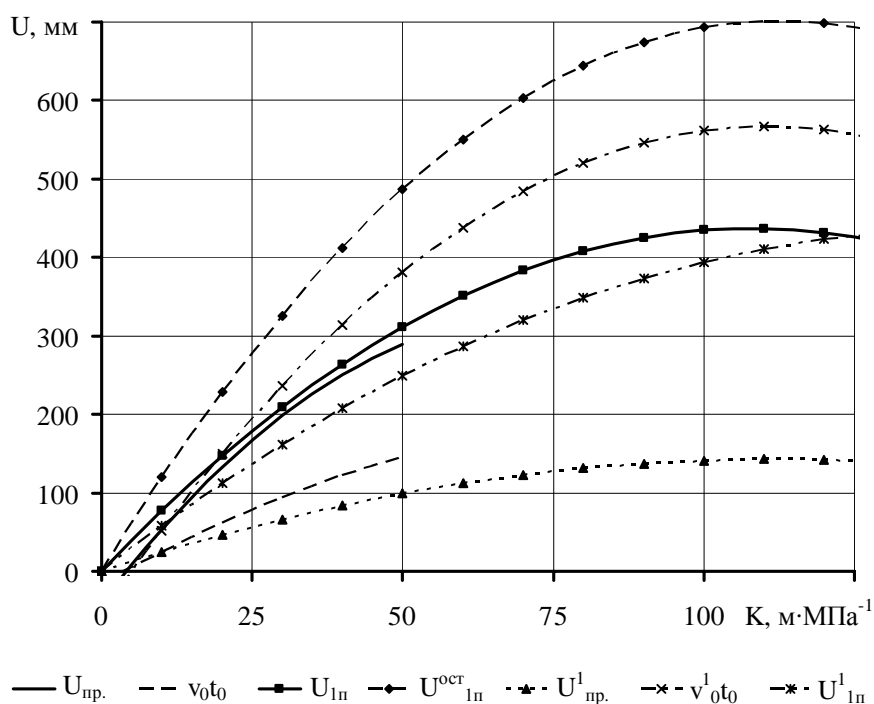


Рисунок 6 – Пучение почвы на отдельных участках выработки

Зависимость суммарных величин пучения почвы для различных способов охраны выработок:

- при поддержании выработки в массиве и погашении за лавой

$$U_{\text{общ1п}} = -0,056K^2 + 13,7K - 32,7, \text{ мм}, \quad (11)$$

$$R^2 = 0,79, F = 358, \alpha = 5,3 \cdot 10^{-66};$$

- при повторном использовании выработки

$$U_{\text{общ2п}} = -0,14K^2 + 33,1K, \text{ мм}, \quad (12)$$

$$R^2 = 0,96, F = 2553,3, \alpha = 1,4 \cdot 10^{-140};$$

- при проведении вприсечку

$$U_{\text{общ3п}} = -0,087K^2 + 20,3K - 68,3, \text{ мм}, \quad (13)$$

$$R^2 = 0,77, F = 334, \alpha = 1,0 \cdot 10^{-63}.$$

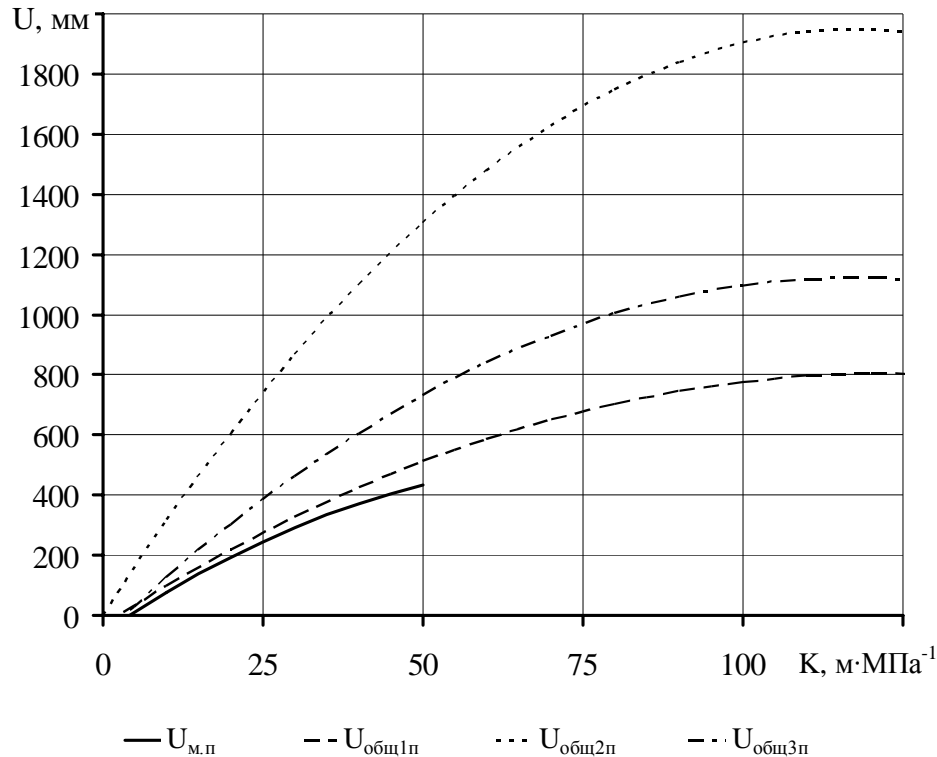


Рисунок 7 – Зависимости пучения почвы при способах охраны примыкающих к лавам выработок

Уравнения (5-9, 11-13) пригодны при $U_{\text{п}} \geq 0$, т.е при $K \geq 7$.

Расчеты пучения почвы выполнены для сечения выработки в свету 10 м², количестве рам – 1 рама/м, при проведении выработки буровзрывным способом. При другом сечении выработки пучение можно уточнить по значению коэффициента

$$K_s = 0,31\sqrt{S}, \quad (14)$$

где S – сечение выработки, m^2 .

Влияние плотности установки крепи учитывать по формуле

$$U_{np} = \frac{U_{ni}}{\sqrt{P}}, \quad (15)$$

где P – плотность установки рам, рам/м;

U_{ni} – пучение почвы при плотности 1 рама/м;

U_{np} – пучение почвы при плотности P рам/м.

Выводы. Эмпирические зависимости пригодны для расчета величины пучения в передней и боковой зонах опорного давления, определения объемов работ по ликвидации последствий пучения почвы, установления рациональной области применения способа уменьшения пучения, обоснования способа охраны примыкающих к лавам выработок, при выборе системы разработки пласта.

Направление дальнейших исследований – разработка метода прогноза пучения при различных способах охраны основных выработок на шахтах Донбасса.

Библиографический список

1. Гапеев С.М. *Закономірності втрати пружно-пластичної стійкості складноструктурного масиву навколо одиночної виробки: автореф. канд. техн. наук/ С.М. Гапеев.* – Днепропетровськ: 2004. – 16 с.
2. Заславский Ю.З. *Расчеты параметров крепи выработок глубоких шахт / Заславский Ю.З., Зорин А.Н., Черняк И.Л.* – К.: «Техника», 1972. – 156 с.
3. Литвинский Г.Г. *Метод прогноза пучения почвы в горных выработках / Г.Г. Литвинский, Э.В. Фесенко // Уголь Украины.* – 2004. - №1. – С. 9-11.
4. *Каталог шахтопластов Донецкого угольного бассейна с характеристикой горно-геологических факторов и явлений: каталог / [сост. М.И. Устинов и др.; ред. Сжиренская С.А.].* – М.:ИГД им. А.А. Скочинского, 1982. – 368 с.
5. *Кадастр угольных шахтопластов, предусмотренных к отработке шахтами и разрезами Госуглепрома Украины с характеристикой горно-геологических, горнотехнических условий и показателей качества углей: каталог / [авт. В.Я. Долгий и др.; ред. Большаков П.Я.].* – Донецк: Донуги, 2001. – 126 с.
6. *Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на шахтах СССР.* – Изд. 4-е, доп. – Л.: 1986. – 222 с.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Литвинским Г.Г.